

## Калибровка перемещений кончика зонда атомно-силового микроскопа по трем ортогональным направлениям

А.В. Анкудинов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*ФТИ им. А.Ф. Иоффе, 194021, Санкт Петербург, Россия*

<sup>2</sup>*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия*  
alexander.ankudinov@mail.ioffe.ru

Латеральные и нормальные калибровочные коэффициенты для определения движений кончика зонда атомно-силового микроскопа в плоскости образца и по нормали к ней исследованы аналитически, с использованием тензора обратной жесткости для прямоугольного кантилевера, а также экспериментально, на горизонтальной (100) и вертикальной (011) гранях монокристаллических шайб GaAs, и на наклонных гранях тестовой решетки TGG1. Расчеты нормальных коэффициентов хорошо согласуются с измерениями на разных типах популярных кантилеверов. Латеральные коэффициенты удовлетворительно согласовывались только для мягких контактных кантилеверов. Для согласования расчетов с экспериментальными калибровками жестких кантилеверов рассмотрены вклады жесткости зонда (смоделированного, например, усеченным конусом), а также контактной жесткости. В заключение вынесено обсуждение оптимальных вариантов кантилеверов для актуальных в последнее время измерений латеральных и нормальных сигналов пьезоотклика от сегнетоэлектрических образцов.

## AFM probe tip displacement calibrations along three orthogonal directions

A. V. Ankudinov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*A.F.Ioffe Institute, 194021 Saint-Petersburg, Russia*

<sup>2</sup>*ITMO University, 197101 Saint-Petersburg, Russia*

Lateral and normal calibration coefficients determining the motion of the very end of the probe of the atomic force microscope are studied both theoretically and experimentally. First we analyze the inverse stiffness tensor data for a set of popular rectangular cantilevers, to calculate the coefficient values. We present the results of calibration measurements conducted on horizontal (100) and vertical (011) faces of GaAs crystal samples, as well as on the tilted faces of the test sample TGG1. Calculations and measurements agree well for normal calibration coefficients. Measured lateral calibration coefficients correspond to the calculated ones only for soft contact cantilevers. The contributions due to probe (modeled, for example, by a truncated cone) and sample deformations to the calculated coefficients are taken into account. This helps to explain the measured low lateral coefficients for noncontact cantilevers. To conclude, we discuss the optimal cantilever parameters to improve the sensitivity of lateral and normal signals in piezoresponse force microscopy of ferroelectric samples.